مدل‌سازی و بررسی متغیرهای زیستگاهی تاثیرگذار بر پراکنش یوزپلنگ ایرانی(*Acinonyx jubatus venaticus*) در پناهگاه حیات وحش نایبندان، با روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA)

- **نوید زمانی***: گروه محیط زیست، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء، بهبهان
- **مجتبی قندالی**: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ملایر

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۵

چکیده

تعیین متغیرهای زیستگاهی تاثیر گذار بر مطلوبیت زیستگاه یکی از ارکان مدیریت و حفاظت گونه‌های ارزشمند محسوب می‌گردد، زیستگاه‌های مطلوب تاثیر به‌سزایی بر بقاء و تولیدمثل گونه‌ها خواهند داشت و در امر مدیریت و حفاظت حیات وحش مورد توجه قرار می‌گیرند. یوزپلنگ ایرانی یکی از گونه‌های در بحران انقراض می‌باشد. در این پژوهش به‌منظور بررسی متغیرهای زیستگاهی و تعیین زیستگاه‌های مطلوب یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش نایبندان جهت حفاظت موثرتر از این گونه، داده‌های حضور گونه که طی چهار فصل در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۸ جمع آوری گردید و با روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در نرم‌افزار Biomapper مورد بررسی قرار گرفت. پس از آماده‌سازی نقشه‌ها توسط نرم‌افزار Idrisi و Biomapper، متغیرهای زیستگاهی شامل ارتفاع، شیب، جهت، تیپ پوشش گیاهی و فاصله از منابع آب و فاصله از پاسگاه‌های محیط‌بانی وارد نرم‌افزار Biomapper گردید. جدول امتیاز حاصل از تحلیل عاملی نشان می‌دهد که یوزپلنگ ایرانی به مناطق تپه ماهوری تمایل دارند که دارای عوارض توپوگرافی مناسب برای مخفی شدن به‌منظور شکار طعمه است. هم‌چنین جهت‌های شمالی که به‌دلیل تابش کم‌تر خورشید و رطوبت نسبی بالاتر دارای پوشش گیاهی غنی‌تر و طعمه فراوان‌تر هستند، منجر به تمایل بیش‌تر گونه به حضور در این مناطق می‌گردد. تجزیه و تحلیل مدل مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش نایبندان نشان می‌دهد که یوزپلنگ ایرانی در این زیستگاه دارای پهنای آشیان بوم‌شناختی متوسط می‌باشد و به زیستگاه‌های حاشیه‌ای تمایل بیش‌تری نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: Biomapper، مدل مطلوبیت زیستگاه، زیستگاه حاشیه‌ای، روش ENFA، یوزپلنگ ایرانی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Naviduok@gmail.com

مقدمه

تبدیل، تکه تکه شدن و تخریب زیستگاه هر کدام به نوعی زندگی پایدار گونه‌ها را به خطر انداخته است. اگرچه آغاز روند کاهشی در جمعیت پستانداران متوسط جثه و بزرگ جثه بیابان‌زی به‌دلیل شکار بی‌رویه بوده است، اما آن‌چه که فرصت بازسازی جمعیت‌های کوچک باقی‌مانده را گرفته، تغییرات اساسی در زیستگاه‌های این گونه بود. بنابراین مطالعه زیستگاه‌ها به‌منظور آگاهی از وضعیت موجود آن‌ها و چاره‌اندیشی در جهت برطرف کردن چالش‌های پدید آمده، بسیار مهم و حیاتی تلقی می‌شود (قندالی، ۱۳۸۹).

تعیین مطلوبیت زیستگاه یکی از ارکان مدیریت و حفاظت گونه‌های حیات وحش محسوب می‌گردد، زیستگاه‌های مطلوب تاثیر به‌سزایی بر بقاء و تولیدمثل گونه‌ها خواهد داشت و در امر مدیریت و حفاظت حیات وحش مورد توجه قرار می‌گیرند (فراشی و همکاران، ۱۳۸۹). به‌منظور مدیریت موثر یک گونه و گونه‌هایی که به نوعی با این گونه در ارتباط هستند، نیاز به شناسایی زیستگاه‌هایی با مطلوبیت بالاتر برای گونه هدف می‌باشد، تا با حفظ آن زیستگاه‌ها و برنامه‌ریزی برای مدیریت صحیح آن زیستگاه‌ها، جمعیت هدف را مورد حفاظت قرار داد (Dayton، ۲۰۰۶)، که این کار با تهیه مدل‌های مطلوبیت زیستگاه براساس مدل‌های آماری و در نهایت تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه انجام خواهد شد. با استفاده از این مدل ها می‌توان مناطق با مطلوبیت زیستگاه بالاتر را شناسایی و مورد حفاظت و بازسازی قرارداد. هم‌چنین برای انتقال یک گونه به زیستگاه یا معرفی مجدد گونه‌های منقرض شده، می‌توان از این نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه استفاده کرد و گونه را در مطلوب‌ترین زیستگاه معرفی نمود. مطالعه پراکنش گونه‌های مختلف حیات‌وحش در زیستگاه‌های متفاوت اهمیت زیادی در مدیریت حیات‌وحش و زیستگاه‌ها دارد. اما مشکل، زمان و بودجه قابل دسترس برای مطالعه گونه‌های مختلف حیات وحش در مقیاس وسیع می‌باشد. لذا روش‌های مدل‌سازی زیستگاه به سرعت در مدیریت حیات وحش توسعه یافته است. در یک طبقه‌بندی کلی، تعیین عوامل موثر بر حضور گونه در زیستگاه و مطلوبیت زیستگاه را می توان به دو دسته داده‌های حاصل از نمونه برداری به‌روش حضور و عدم (Presence/Absence) گونه و داده‌های حاصل از روش فقط حضور گونه (Presence only) در زیستگاه، طبقه‌بندی نمود. در استفاده از روش نخست، مشاهده گونه توسط پژوهشگر به‌دلایل متعددی نظیر دقت در مشاهده، تجهیزات مورد استفاده، زمان مشاهده، رفتار گونه در استتار و اختفا سبب می‌شود تا آن نقطه به‌عنوان نقطه عدم حضور گونه ثبت شود. این مسئله خطای بالایی را در نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها به وجود می‌آورد (امیدی و همکاران، ۱۳۸۸).

تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA) (Ecological Niche Fctor Analysis)، یک رویکرد چند متغیری می‌باشد، که برای پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه وقتی که داده‌های عدم حضور در دسترس نباشند، توسعه پیدا کرد. ENFA توزیع مشاهدات حضور را در فضای چند بعدی از متغیرهای محیطی در داخل منطقه مورد مطالعه، مقایسه می‌کند (Guisan و Zimmerman، ۲۰۰۰). مطلوبیت براساس تابعی که حاشیه‌گرایی گونه را مشخص می‌کند، به‌دست می‌آید. حاشیه گرایی به معنی اختلاف میانگین گونه از میانگین منطقه مورد مطالعه می‌باشد و تخصص‌گرایی گونه به‌معنی نسبت واریانس سراسری به واریانس گونه می‌باشد. تحلیل عاملی ترکیب خطی متغیرهای محیطی را در برابر مکان‌هایی که گونه بزرگ‌ترین درجه از حاشیه گرایی و تخصص‌گرایی را نشان می‌دهد، استخراج می‌کند (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۶). مزیت اصلی ENFA این است که داده‌های عدم حضور که اغلب در دسترس نیستند یا این‌که به‌دست آوردن آن مشکل است، مورد نیاز تحلیل نمی‌باشد.

یوزپلنگ به‌عنوان گوشت‌خواری شناخته شده است که زیستگاه‌های دشتی باز را ترجیح می‌دهد. این تفکر تنها به‌دلیل آن نیست که آن‌ها برای سرعت ساخته شده‌اند (Nowell و Jackson، ۱۹۹۶)، بلکه احتمالاً به این دلیل نیز می‌باشد که بیش‌تر مطالعات صورت گرفته درخصوص اکولوژی یوزپلنگ، در ساوان‌های علفی باز اجرا شده است، به‌خصوص در دشت‌های سرنگتی جایی که یوزپلنگ عمدتاً در دشت زندگی کرده و می‌توانند آهوها را دنبال کند (Caro، ۱۹۹۴؛ Eton، ۱۹۷۰). از چند سال گذشته، نگرانی‌هایی درباره حفاظت از یوزپلنگ آسیایی در ایران وجود دارد. یوزپلنگ آسیایی زیرگونه در معرض خطر انقراضی است (IUCN، ۲۰۰۶) که در گذشته در شبه قاره هند، افغانستان، ترکمنستان، ایران، شبه جزیره عربستان و سوریه پراکنش داشته است (Nowell و Jackson، ۱۹۹۶). طی ۲۰ سال گذشته، نیمه شرقی ایران آخرین سنگرگاه یوزپلنگ‌های آسیایی بوده است طی ۲۰ سال گذشته، نیمه شرقی ایران آخرین سنگرگاه یوزپلنگ‌های آسیایی بوده است و حضور آن‌ها تنها به چند منطقه در داخل کشور محدود می‌باشد (Farhadinia، ۲۰۰۴). برطبق گزارش پروژه حفاظت از یوزپلنگ آسیایی (۱۳۸۷) در پناهگاه حیات وحش نایبندان حدوداً ۱۳ تا ۱۶ قلاده یوز وجود دارد که از این نظر بیش‌ترین تعداد یوز را در میان زیستگاه‌های تحت حفاظت ایران، به خود اختصاص داده است.

در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی براساس داده‌های فقط حضور، متغیرهای زیستگاهی تاثیرگذار بر پراکنش یوزپلنگ ایرانی به‌عنوان گونه‌ای شدیداً در بحران انقراض (IUCN، ۲۰۰۶)، نقشه مطلوبیت زیستگاه و هم‌چنین عوامل تهدیدکننده این جمعیت در پناهگاه حیات‌وحش

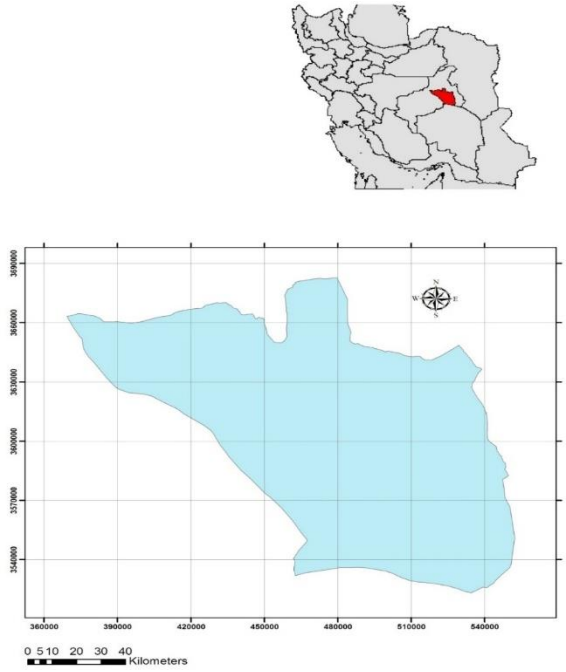
نایبندان شناسایی شود، تا با تعیین زیستگاه‌های مطلوب و حفاظت بیش‌تر آن، جمعیت یوزپلنگ ایرانی را مورد حفاظت موثرتر قرار داد.

مواد و روش‌ها

پناهگاه حیات وحش نایبندان در استان یزد و درجنوب شهر طبس قرار دارد. این منطقه در حد فاصل طول جغرافیایی ´۳۷ °۵۵ تا ´۳۳ °۵۷ و عرض جغرافیایی ´۱۷ °۳۳ تا ´۵۰ °۳۱ قرار دارد. پناهگاه حیات‌وحش نایبندان با مساحت ۱۵۱۶۹۹۴ هکتار بزرگ‌ترین پناهگاه حیات وحش کشور محسوب می‌شود. این منطقه دشتی، تپه ماهوری، کوهستانی و دارای شوره زارهای وسیع است. دامنه ارتفاعی آن از ۶۰۰ تا ۳۰۰۹ متر از سطح دریا متغیر است (مهندسین مشاور جامع ایران، ۱۳۸۸). این منطقه براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن در طبقه فراخشک قرار می‌گیرد. رژیم بارندگی منطقه مدیترانه‌ای بوده و بدین لحاظ حجم اصلی ریزش‌های جوی سالانه در پاییز و زمستان متمرکزمی‌باشدو در دوره خشک سال که از اواسط اردیبهشت تا اواسط مهرماه ادامه دارد تنها حدود ۳ درصد از بارش سالانه نازل می‌شود (سرهنگ‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). بخش عمده پناهگاه حیات وحش نایبندان دشت بوده که در نزدیکی مناطق کوهستانی، چهره استپی به خود می‌گیرد و با فاصله گرفتن از نقاط کوهستانی چهره بیابانی و بعضاً کویری پیدا می‌کند. در نایبندان به‌علت کمی نزولات جوی جریان‌های سطحی ناشی از ریزش‌های‌جوی بسیارکم‌و هیچ‌گونه رودخانه دائمی وجود ندارد و تامین آب حیات وحش توسط چشمه‌ها و تعداد کمی آبشخور و یک فقره تالاب صورت می‌گیرد (سرهنگ‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵).

در این پناهگاه مجموعا ۱۷۷ گونه گیاهی متعلق به ۱۲۸ جنس و۴۸خانواده‌شناسایی‌شده است. خانواده‌های گیاهی Chenopdiaceae با۲۰گونه، Compositae با ۱۹ گونه و Graminae و Caryophyllacea با ۷ گونه بیش‌ترین تعداد گونه را در منطقه دارا هستند. تیپ‌های گیاهی‌متنوع در این پناهگاه برآیندکنش‌های‌متقابل‌اکولوژیکی منطقه بوده نیازهای زیستی یوز و طعمه‌هایش را برآورده می‌سازد از جمله مهم‌ترین این گونه‌های درختی، درختچه‌ای و علفی، بادام وحشی، درمنه، بنه، گز، انجیر وحشی، قیچ، تاغ، خارشتر، اسپند، تلخه بیان، کلاه میرحسن و اسکنبیل است.

در پناهگاه حیات وحش نایبندان، ۱۳ گونه پستاندار بزرگ جثه شناسایی شده است که ۶ گونه به‌عنوان اولویت‌های حفاظتی معرفی می‌گردد که شامل گونه‌های: یوزپلنگ (*Acinonyx Jubatus*)، کاراکال (*Caracal caracal*)، شاه روباه (*Vulpes cana*)، روباه شنی (*Vulpes rueppellii*)، قوچ و میش (*Ovis orientalis arkali*) و جبیر *Gazzella bennettii*) می‌باشد (زمانی، ۱۳۸۹).



شکل ۱: نقشه پناهگاه حیات وحش نایبندان

منبع داده‌ها: منبع داده‌های‌موردنیاز برای رویکرد تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی شامل نقشه رستری نقاط حضور یوزپلنگ ایرانی و نقشه‌های رستری فاکتورهای زیست جغرافیایی و فاکتورهای توزیع انسانی می‌باشد. تعداد ۹۵ نقطه حضور یوزپلنگ توسط GPS در پناهگاه حیات وحش نایبندان در طول چهار فصل در طی سال‌های ۸۸ الی ۹۰ ثبت گردید. این نقاط حضور براساس نمایه‌های ثبت شده طی عملیات میدانی با کمک محیط‌بانان منطقه و نیز نقاط به‌دست آمده ازطریق دوربین‌های تله‌ای به‌دست آمد. در این پژوهش هم‌چنین از نقشه‌های ارتفاع، شیب، جهت، تیپ پوشش گیاهی، فاصله از منابع آب و فاصله از پاسگاه‌های محیط‌بانی به‌عنوان متغیرهای تاثیرگذار بر پراکنش یوزپلنگ ایرانی مورد استفاده قرار گرفت.

آماده‌سازی داده‌ها: داده‌های ذکر شده در بالا، نمی‌تواند به‌طور مستقیم‌واردنرم‌افزار Biomapper شود بلکه باید داده‌ها به‌صورت کمّی درآیدتا درمحاسبات‌دچار مشکل نشود. قبل از ورود داده‌ها به نرم‌افزار، ممکن است هر کدام از این داده‌ها به سه تیپ متفاوت از داده‌ها تعلق داشته باشد که هر کدام به روش آماده سازی متفاوتی نیاز دارند.
دسته اول: داده‌هایی مثل ارتفاع، شیب، جهت، کمی هستند و آماده‌اند که مستقیماً به‌وسیله نرم‌افزارBiomapper مورد تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی‌قرارگیرند.این داده‌ها به‌صورت تکنیکی قابل قبول هستند.

دسته دوم: داده‌هایی مانند نقشه طبقات شیب، تیپ پوشش گیاهی کیفی هستند و این نقشه‌ها نمی‌توانند به این شکل مورد استفاده قرار گیرند.روشی که برای آماده‌سازی این نقشه ها به‌کار می‌رود بدین‌صورت است که ابتدا نقشه به چند نقشه بولین تبدیل می‌شود که هر نقشه بولین یک طبقه از آن نقشه را توصیف می‌کند و در نهایت نقشه فراوانی وفاصله برای هر یک از این نقشه‌های بولین توسط نرم‌افزار Biomapper ایجاد می‌گردد.

دسته سوم: داده‌های بولین (Boolean data) (حضور/ عدم حضور): مانند حضور/ عدم حضور گونه، شهرها و پاسگاه‌های محیط‌بانی و... این نقشه‌ها نمی‌توانند به این شکل مورد استفاده قرار گیرند. دو روش اصلی برای استخراج داده‌های کمی از این نقشه‌ها وجود دارد. اولین روشی که ترجیحاً استفاده می‌شود بدین گونه است که وقتی برآورد می‌شود که گونه به یک حداقلی از آن منبع نیاز دارد یا بدون آن منبع نمی‌تواند زندگی کند، یک شعاعی از تاثیر انتخاب می‌شود و فراوانی وقوع یک گونه در اطراف آن منبع محاسبه می‌شود. به‌طورکلی این دایره با شعاعی متناسب با قلمروی خانگی آن گونه انتخاب می‌شود. دومین روش وقتی استفاده می‌شود که نقشه، مکان منابع اختلال مانند شهرها،جاده‌هارانشان می‌دهد. در اینجا یک نقشه فاصله محاسبه می‌شود،که این نقشه فاصله، به هر سلول، فاصله تا نزدیک‌ترین سلول اشغال شده توسط آن منبع اختلال را اختصاص می‌دهد (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۴). حال که نقشه‌ها برای ورود به ENFA آماده شده است واردنرم‌افزار Biomapper می‌شوند. تعداد ۲۰ نقشه زیست‌جغرافیایی تاثیرگذار بر پراکنش گونه و نقاط حضور به فرمت رستری Idrisi با اندازه سلول ۳۰ ×۳۰ متر تبدیل شدند. قابل ذکر می‌باشد که مقیاس نقشه‌ها ۱/۵۰۰۰۰ می‌باشد.

اجرای تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی: متغیرهای محیط زیستی مختلفی برای تهیه مدل مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش نایبندان استفاده شد. در ابتدا نقشه‌های زیست جغرافیایی توسط نرم‌افزار از نظر پیوستگی و توزیع نرمال بررسی شدند و نقشه‌هایی که از نظر توزیع، غیر نرمال بودند، مورد تبدیل باکس کاکس قرار گرفتند. در نهایت نقشه‌هایی که ناپیوسته و دارای توزیع غیرنرمال بودند از آنالیز کنار گذاشته شد. از بین ۲۰ نقشه زیست‌جغرافیایی، ۱۷ نقشه زیست جغرافیایی دارای توزیع نرمال بودند. تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی نیاز به متغیرهایی دارد که اصولاً غیروابسته هستند. در تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی اگر دو متغیر همبستگی بالایی داشته باشند، هر دو با یک ضریب وارد مدل می‌شوند. بنابراین حذف یکی از دو یا چند متغیری که همبستگی بالایی دارند، الزامی است (فلاح‌باقری، ۱۳۸۶). از بین ۱۷ نقشه زیست جغرافیایی، ۴ نقشه دارای همبستگی بالای ۸/ باسایر نقشه‌ها بود که از آنالیز کنار گذاشته‌شد و تحلیل با ۱۳ نقشه زیست جغرافیایی انجام شد (جدول ۲).

محاسبه مطلوبیت زیستگاه: پس‌ازانجام ENFA برای یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش نایبندان، مدل مطلوبیت زیستگاه گونه به‌دست می‌آید. با استفاده از این مدل می‌توان نقشه مطلوبیت زیستگاه را محاسبه کرد. برای ترسیم نقشه مطلوبیت زیستگاه ابتدا بایستی تعداد عاملی که قرار است در محاسبه مطلوبیت زیستگاه وارد شوند، به‌دست آید. تعداد کمی از عامل‌ها (Factors)، می‌تواند بخش زیادی از حاشیه گرایی و تخصص گرایی گونه را توضیح دهد. انتخاب تعداد کم‌تری از عامل‌ها، انجام محاسبات و تفسیر نتایج به‌دست آمده را آسان‌تر می‌کند. بعد از انتخاب تعداد عامل مناسب، بایستی الگوریتم مناسب برای محاسبه مطلوبیت زیستگاه استفاده شود. برای محاسبه مطلوبیت زیستگاه در نرم‌افزار Biomapper چهار الگوریتم میانه، میانگین هندسی فاصله، میانگین هارمونیک فاصله و حداقل فاصله وجود دارد که هر یک از آن‌ها در شرایط خاصی استفاده می‌شود. در این پژوهش اعتبار مدل‌های تهیه شده با هر یک از الگوریتم‌های فوق بررسی و بهترین الگوریتم انتخاب شد.

تایید اعتبار مدل‌های تهیه شده مبتنی بر رویکرد تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی: ارزیابی قدرت پیش‌بینی یک مدل از اهمیت به‌سزایی برخوردار است زیرا به محقق می‌گوید که تا چه حد می‌تواند به نتایج حاصل از مدل اتکا کند و تا چه حد نتایج پیش‌بینی مدل به‌واقعیت نزدیک است. روش‌های گوناگونی برای نیل به این هدف توسط محققین مختلف ابداع شده است که از آن جمله می‌توان به شاخص اعتبارسنجی مطلق (Absolute Validation Index=AVI) و شاخص اعتبارسنجی تباین (contrast validation index) شاخص بویس و شاخص پیوسته بویس اشاره کرد (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۴).

برای بررسی اعتبار مدل‌های مطلوبیت زیستگاه مبتنی بر داده‌های حضور، از نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح و نمایه پیوسته بویس استفاده شد. نمایه پیوسته بویس بین -۱ و ۱ تغییر می‌کند. مقادیر مثبت نشان‌دهنده این است که پیش‌بینی‌های مدل با توزیع نقاط حضور در مجموعه داده‌های ارزیابی، سازگار است. مقادیر نزدیک به صفر نشان می‌دهد که مدل با یک مدل تصادفی تفاوت ندارد. مقادیر منفی بیانگر یک مدل اشتباه است (Boyce و همکاران، ۲۰۰۲).

هم‌چنین با تفسیر نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح می‌توان میزان صحت پیش‌بینی‌های مدل در مطلوبیت‌های مختلف را بررسی و بر طبق آن نسبت به طبقه‌بندی مجدد نقشه مطلوبیت زیستگاه اقدام نمود (قندالی، ۱۳۸۹).

نتایج

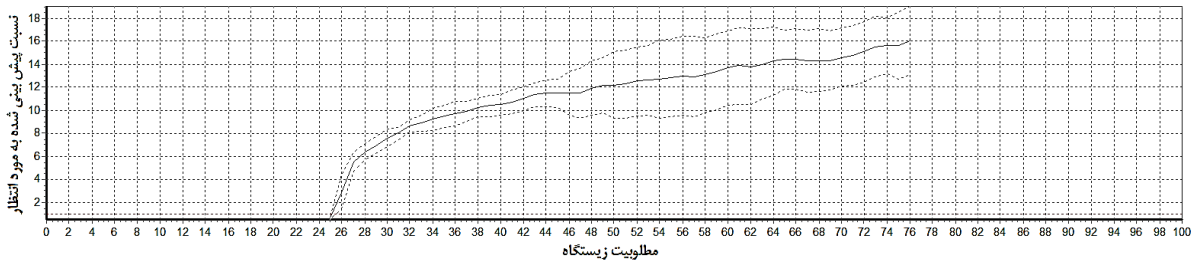
نتایج مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه برای یوزپلنگ ایرانی: در نتیجه تحلیل ENFA به تعداد متغیرهای به‌کار رفته در تحلیل، عامل تولید می‌شود که اولین عامل ۱۰۰٪ حاشیه گرایی گونه و بخش زیادی از ویژه گرایی گونه را توضیح می‌دهد (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۱). به‌همین دلیل با انتخاب تعداد کمی از عامل‌ها بخش زیادی از داده‌ها توضیح داده می‌شود. با استفاده از روش چوب شکسته مک آرتور که توسط نرم‌افزار Biomapper محاسبه می‌گردد، تعداد ۵ عامل انتخاب گردید که ۹۳٪ داده‌ها را توضیح می‌دهد. قابل توجه می‌باشد که عامل اول، تمام حاشیه گرایی و ۵۲٪ از ویژه گرایی را توضیح می‌دهد. در جدول ۱ ویژگی‌های مدل انتخاب شده برای گونه مورد مطالعه آورده شده است. ماتریس امتیازات متغیرهای محیط زیستی به‌کار رفته در تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی برای ۵ عامل انتخاب شده توسط روش چوب شکسته در جدول ۲ آمده است.

ساخت نقشه مطلوبیت زیستگاه- تایید اعتبار مدل: با استفاده از نمایه پیوسته بویس صحت نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه ترسیم شده مبتنی بر رویکردهای الگوریتم میانه، میانگین هندسی و میانگین هارمونیک و حداقل فاصله با یکدیگر مقایسه و بهترین الگوریتم انتخاب شد. در جدول میزان نمایه پیوسته بویس به‌ازای الگوریتم‌های مختلف مطلوبیت زیستگاه ارائه شده است.

تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه: با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که الگوریتم میانگین هندسی بالاترین شاخص پیوسته بویس را به‌دست آورده است. بنابراین، مناسب‌ترین الگوریتم برای ایجاد نقشه مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش نایبندان، الگوریتم میانگین هندسی می‌باشد. نقشه مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی براساس الگوریتم هندسی در شکل ۳ آورده شده است.

جدول ۱: نتایج حاصل از تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی یوزپلنگ در پناهگاه حیات وحش نایبندان

تعداد متغیر به‌کار رفته در مدل	میزان حاشیه گرایی	میزان ویژه گرایی	میزان بردباری	تعداد عامل انتخاب شده	میزان ویژه گرایی توضیح داده شده توسط عامل‌ها
۱۳	۱/۴۲۳	۲/۶۴۵	۰/۳۷۸	۵	۹۳



شکل ۲: نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح برای الگوریتم میانگین هندسی

جدول ۲: ماتریس امتیازات تحلیل عاملی انجام شده درباره یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش نایبندان

متغیرهای زیست محیطی	۱ (٪۵۲)	۲ (٪۲۴)	۳ (٪۸)	۴ (٪۶)	۵ (٪۳)
فاصله از منابع آب	-۰/۶۷۸	۰/۰۶۹	-۰/۰۸۶	۰/۰۳۹	۰/۰۷۶
فاصله از جهت‌های شرقی	-۰/۱۲۳	۰/۱۲۴	۰/۳۲۵	-۰/۳۱۲	۰/۰۹۸
فاصله از جهت‌های غربی	۰/۰۶۷	-۰/۳۱۴	۰/۰۶۴	-۰/۳۸۷	۰/۱۵۳
فاصله از جهت‌های شمالی	-۰/۱۷۴	۰/۶۹۵	۰/۰۷۱	-۰/۲۸۷	۰/۵۰۴
فراوانی جهت‌های شمالی	-۰/۰۲۸	۰/۰۳۲	۰/۶۲۵	-۰/۰۸۹	۰/۵۰۸
فراوانی جهت‌های جنوبی	-۰/۰۴۵	-۰/۳۱۲	۰/۵۹۲	۰/۷۱۲	-۰/۱۴۲
فاصله از شیب‌های ۳۰-۱۰	-۰/۴۵۳	-۰/۳۸۷	-۰/۲۵۹	۰/۲۷۴	-۰/۱۸۹
فاصله از شیب‌های ۷۰-۵۰	-۰/۵۱۲	-۰/۱۶۷	۰/۰۹	-۰/۰۲۶	-۰/۳۱۲
فراوانی شیب‌های ۵۰-۳۰	۰/۳۲۲	-۰/۰۴۲	-۰/۰۵۷	۰/۳۱۵	-۰/۱۲۴
فراوانی شیب‌های بیش از ۷۰	۰/۰۴۳	-۰/۰۵۳	-۰/۴۵	-۰/۰۵۴	۰/۴۷۶
فاصله از تیپ پوشش درمنه دشتی- اشنان	-۰/۱۹۸	-۰/۳۰۳	-۰/۰۸۶	۰/۰۴۵	-۰/۱۲۶
فاصله از تیپ پوشش درمنه دشتی- قیچ	-۰/۲۹۲	-۰/۲۱۴	۰/۰۱۵	۰/۰۲۴	-۰/۲۹۶
فاصله از پاسگاه	-۰/۰۴۱	-۰/۱۹۵	-۰/۱۲۵	-۰/۱۷۶	۰/۰۱۲

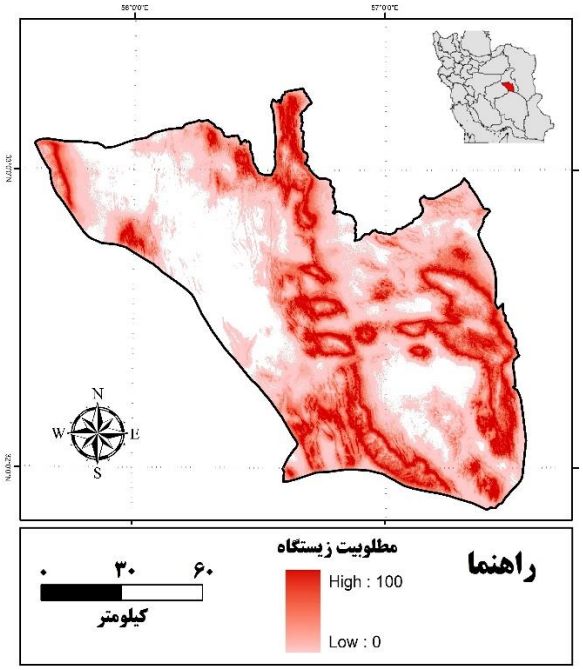
جدول ۳: میزان نمایه پیوسته بویس به‌ازای الگوریتم‌های مختلف

الگوریتم مورد استفاده	نمایه پیوسته بویس± انحراف معیار
الگوریتم میانه	۰/۱۱۳ ± ۰/۶۹۵
الگوریتم میانگین هندسی	۰/۱۴۵ ± ۰/۸۴۷
الگوریتم میانگین هارمونیک	۰/۲۷۶ ± ۰/۵۶۸
الگوریتم حداقل فاصله	۰/۲۰۵ ± ۰/۲۸۶

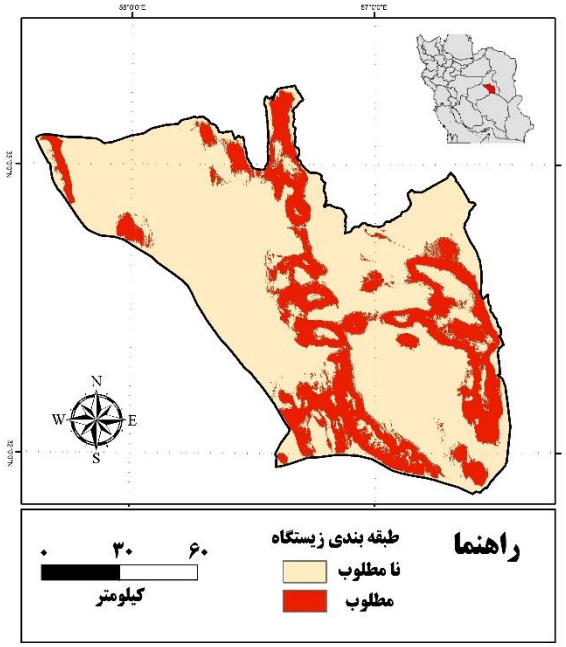
تهیه نقشه طبقه‌بندی زیستگاه گونه: به‌منظور طبقه‌بندی کردن نقشه مطلوبیت زیستگاه به دو طبقه مطلوب و نامطلوب بایستی نمودار فراوانی تنظیم‌شده براساس سطح به‌دست‌آمده برای آن الگوریتم را مورد بررسی قرار داد. در این نمودار (شکل ۲) که نشان‌دهنده روند تغییرات F_i می‌باشد، خط قرمز رنگ به موازات محور افقی نشان‌دهنده میزان F_i برابر با ۱ به‌ازای همه طبقات مطلوبیت زیستگاه می‌باشد. این شاخص نشان‌دهنده تصادفی پیش‌بینی نمودن مدل می‌باشد. هنگامی که نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح در زیر این خط شاخص می‌باشد یعنی مدل برای مطلوبیت‌هایی پایین‌تر از این خط شاخص از یک مدل تصادفی هم بدتر می‌باشد. بنابراین این بخش به‌عنوان زیستگاه نامطلوب درنظر گرفته می‌شود. از آن نقطه مطلوبیتی که نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح بالاتر از این خط شاخص قرار می‌گیرد به عنوان زیستگاه مطلوب درنظر گرفته می‌شود. در این‌جا نیز با توجه به شکل ۲، آستانه مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی با توجه به روش فوق، مطلوبیت ۲۶ می‌باشد. با استفاده از این آستانه به‌دست‌آمده نقشه طبقات مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی به‌دست آمد. بدین منظور نقشه مطلوبیت زیستگاه به دو طبقه نامطلوب (بخش‌هایی که مطلوبیت آن‌ها کم‌تر یا مساوی حد آستانه مطلوبیت بود) و مطلوب (بخش‌هایی که مطلوبیت آن‌ها بیش‌تر از حد آستانه مطلوبیت بود) تقسیم‌بندی شد (شکل ۴).

بحث

با توجه به مطالعاتی که درگذشته انجام شده است اعتقاد بر این بود که زیستگاه یوزپلنگ دشت‌های هموار مناطق استپی و بیابانی با کم‌ترین عوارض توپوگرافی است (ضیایی، ۱۳۹۰؛ Firouz، ۱۹۷۴) و دشت‌های صاف مناطق مرکزی ایران، زیستگاه اصلی یوزپلنگ ایرانی است (Etemad، ۱۹۸۵) عده‌ای نیز بر این باور بودند که یوزپلنگ وابستگی زیادی به طعمه‌های دشت‌زی دارد و هرکجا که آهوها زندگی می‌کنند، یوزپلنگ دیده می‌شود (Heptner و Sludski، ۲۰۰۲) و یوزپلنگ شکار خودرا با تعقیب و گریز در دشت‌های صاف به‌دست می‌آورد (Harrison و Bates، ۱۹۹۱). ولی به‌نظر می‌رسد کاهش شدید در تعداد آهوان در ایران باعث شده که یوزپلنگ‌ها مجبور به تغییر رژیم غذایی‌شان به سم‌داران کوهستانی شده (Farhadinia، ۲۰۰۷) و به تبع آن زیستگاه‌شان به‌سمت نواحی کوهستانی تغییر یابد. مطالعات جدید این مطلب را نشان می‌دهد که برخلاف تصور رایج، طعمه اصلی یوزپلنگ در ایران قوچ و میش و کل و بز است (زمانی ۱۳۸۹).



شکل ۳: نقشه مطلوبیت زیستگاه براساس رویکرد تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی



شکل ۴: نقشه طبقه‌بندی زیستگاه براساس رویکرد تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی

اکثر مشاهدات مستقیم یوزپلنگ از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۷ نیز در مناطق کوهستانی پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر می‌باشد (Jourabchian و Farhadinia، ۲۰۰۸). بنابراین نمی‌توان تصور کرد که زیستگاه یوزپلنگ ایرانی فقط دشت‌های صاف است. هم‌اکنون اغلب زیستگاه‌های اصلی یوزپلنگ در ایران جمعیت کمی از آهو را در خود جای داده و این در حالی است که در مجاورت این زیستگاه‌ها، مناطقی با فراوانی بالاتری از آهو ولی بدون حضور یوزپلنگ وجود دارد، به‌نظر می‌رسد یوزپلنگ آسیایی عمدتاً بر روی زیستگاه‌هایی با قابلیت بالای صید طعمه تمرکز کرده که این مورد در دشت‌های صاف کم‌تر صورت می‌گیرد و وجود عوارض توپوگرافی بیش‌تر، این امکان را بالا می‌برد (Farhadinia و Absalan، ۲۰۰۴). علاوه‌بر آن، مناطق موزاییکی از دشت‌ها و کوهستان‌ها وجود دارند که تعداد زیادی آبراهه‌های فصلی در آن‌ها وجود داشته و یوزپلنگ نیز در آن‌ها زیست می‌کند و این در حالی است که تراکم پایینی از آهو در آن‌ها وجود دارد (Jourabchian و Farhadinia، ۲۰۰۸).

مطالعه داده‌های توصیفی و مکانی در رابطه با مشاهدات مستقیم و غیرمستقیم یوز، طعمه‌ها و رقبا و هم‌چنین نیازهای زیستی (آب، غذا، پناه و تولیدمثل) جمع‌آوری نشان می‌دهد که حاشیه مناطق کوهستانی یعنی اکوتون دشت و کوهستان به‌دلیل برخورداری از پستی و بلندی‌های متعدد، منابع آب، پوشش گیاهی متنوع و نسبتاً متراکم برای یوز و طعمه‌های آن و از همه مهم‌تر وجود انواع پناه فیزیکی و بیولوژیکی، دارای مطلوبیت بیش‌تری نسبت به سایر مناطق ذخیره‌گاه است (کیا، ۱۳۸۳).

طبق نتایج تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی (جدول ۲) یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات‌وحش نایبندان مناطق کوهستانی و تپه‌ماهوری را ترجیح می‌دهد و شیب بر مطلوبیت زیستگاه می‌افزاید به‌طوری‌که فراوانی شیب‌های بین ۳۰ تا ۵۰ درصد عدد مثبت را نشان می‌دهد و فاصله از شیب ۵۰ تا ۷۰ درصد منفی بوده که نشان‌دهنده تمایل یوزپلنگ به زیستگاه‌های تپه ماهوری و کوهستانی می‌باشد. زیرا این مناطق به‌عنوان یک پناه برای یوزپلنگ به‌منظور شکار حیات وحش استفاده می‌شود. درعین‌حال، تمرکز طعمه‌ها (حداقل به‌صورت دوره‌ای) در آبراهه‌های خشک فصلی و کوهپایه‌ها افزایش می‌یابد، بنابراین این مناطق جاهایی هستند که یوزپلنگ‌ها غالباً در آن‌ها به‌شکار می‌پردازند (Hanter و همکاران، ۲۰۰۷).

مطالعه صحرایی باروش مشاهده مستقیم یوزپلنگ‌های دارای گردنبند رادیویی در ساوان‌های پارک ملی کروگر (Kruger)، آفریقای جنوبی و مرور مقالات مربوط به زیستگاه‌های یوزپلنگ واقع در ساوان نشان می‌دهد که انتخاب زیستگاه بسته به ترکیب طعمه، پوشش گیاهی در دسترس و حضور گونه‌های رقیب و مزاحم است (Mills و همکاران، ۲۰۰۴).

جهت‌های شمالی بیش‌ترین تاثیر را در مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی دارد و آن هم به خاطر تابش کم‌تر آفتاب و رطوبت نسبی بیش‌تر و در نهایت سرسبزی بیش‌تر در طول سال می‌شود که منجر به تجمع حیات وحش از جمله قوچ و میش وکل و بز به‌عنوان طعمه اصلی یوزپلنگ (زمانی، ۱۳۸۹) در این ناحیه می‌شود (عدد منفی برای فاصله از دامنه‌های شمالی). هم‌چنین متغیر فاصله از منابع آب به‌خصوص چشمه‌های دائمی در حضور یوزپلنگ ایرانی تاثیر به‌سزایی دارد که این به‌دلیل حضور بیش‌تر طعمه در نزدیکی آبشخورها و نیاز یوزپلنگ برای تامین آب مورد نیاز بدن خود می‌باشد (عدد منفی برای متغیر فاصله از منابع آب، جدول ۲) .

بررسی مطلوبیت زیستگاه یوز براساس تشخیص الگوی حاصل از مشاهدات گونه در ذخیره‌گاه زیست‌کره توران و تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه با استفاده از متغیرهای زیستگاهی، نشان‌دهنده این است که متغیرهایی نظیر فاصله از منابع آب و یا تنش‌های ناشی از فعالیت انسانی (پراکنش مناطق مسکونی) بیش‌ترین اثر را بر روی کاهش کیفیت نهایی زیستگاه می‌گذارد (کیا، ۱۳۸۳).

به‌علت این‌که مطالعات بوم‌شناختی در مورد یوزپلنگ اکثراً در پارک‌ملی سرنگیتی (Serengeti) در شرق آفریقا انجام شده‌است و نیز راهبرد شکار یوزپلنگ این‌گونه به‌نظر می‌رسد که مناطق دشتی و هموار را ترجیح می‌دهد حال آن‌که در مناطق دارای درختچه و بوته‌زار هم زندگی می‌کند. با وجود این‌که پوشش گیاهی و بوته‌زارها سرعت یوزپلنگ را کاهش می‌دهد ولی کمین‌گاه مناسبی برای یوزپلنگ به حساب می‌آیند. یوزپلنگ با مناطق دارای پوشش گیاهی نیز سازگار است و فقط یک شکارچی موفق در دشت‌های باز نیست (Mills و همکاران، ۲۰۰۴).

یوزپلنگ ایرانی به تیپ پوشش گیاهی درمنه‌دشتی-قیچ متمایل می‌باشند، چرا که این نوع پوشش گیاهی ضمن این‌که منطقه مناسبی برای تغذیه علف‌خوران منطقه می‌باشد به‌عنوان کمین‌گاه مناسب برای استتار یوزپلنگ و شکار طعمه آن می‌باشد (عدد منفی برای فاصله از این تیپ پوشش گیاهی نشان‌دهنده تمایل گونه برای جذب به این منابع می‌باشد، جدول ۲). در بررسی‌ای که در پارک ملی سرنگیتی به انجام رسید مشخص شد که غزال‌ها به‌واسطه چرا در داخل مناطق با پوشش گیاهی انبوه، توسط یوزپلنگ شکار می‌شوند (Fitzgibon، ۱۹۹۰) که وابستگی طعمه یوز به این مناطق جهت تغذیه و هم‌چنین استفاده از پوشش گیاهی به‌عنوان پناه برای یوزپلنگ منجر به افزایش حضور یوزپلنگ در این مناطق می‌گردد.

ویژگی حاشیه‌گرایی کل (M=۱/۴۲۳) نشان می‌دهد که زیستگاه یوزپلنگ ایرانی متفاوت از شرایط میانگین زیستگاه است و یوزپلنگ زیستگاه‌های حاشیه‌ای را ترجیح می‌دهد. هم‌چنین مقدار بردباری کل

(T=۰/۳۷۸) نشان می‌دهد که یوزپلنگ ایرانی نسبت به تغییر شرایط بهینه زیستگاه خود خیلی حساس نمی‌باشد و بردباری نسبتاً خوبی دارد. مقدار تخصص گرایی گونه نیز برابر با ۲/۶۴۵ می‌باشد.

طبق نتایج تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی (جدول ۲) یوزپلنگ ایرانی به پاسگاه‌های محیط‌بانی تمایل نشان می‌دهد که این قضیه احتمالاًبه‌خاطر تاسیس پاسگاه‌های محیط‌بانی در زیستگاه‌های مطلوب طعمه‌های یوزپلنگ ایرانی برای حفاظت از جمعیت آن‌ها می‌باشد اما نیازمند تحقیقات بیش‌تری است.

منابع

۱. **امیدی، م.، ۱۳۸۷.** تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی زیستگاه یوزپلنگ ایرانی درپارک ملی کلاه قاضی استان اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته علوم محیط زیست. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران. ۸۶ صفحه.

۲. **پروژه حفاظت از یوزپلنگ آسیایی و زیستگاه‌های مرتبط. ۱۳۸۷.**گزارش نهایی پروژه. سازمان حفاظت از محیط زیست.

۳. **درویش‌صفت، ع.، ۱۳۸۵.** اطلس مناطق حفاظت شده ایران. چاپ اول. تهران. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست.

۴. **زمانی، ن.، ۱۳۸۹.** بررسی و مقایسه عادات غذایی یوزپلنگ ایرانی در دو پناهگاه حیات‌وحش نایبندان و دره انجیر استان یزد، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست. ۹۵ صفحه.

۵. **فراشی، آ.؛ کابلی، م. و مومنی، ا.، ۱۳۸۹.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه بز و پازن (*Capra aegagrus*) به‌کمک روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی(ENFA)در پارک ملی کلاه قاضی، استان اصفهان. نشریه محیط زیست طبیعی. دوره ۶۳ ، شماره ۱، صفحات۶۳ تا ۷۲.

۶. **قندالی، م.، ۱۳۸۹.** مقایسه ارزیابی زیستگاه با استفاده از دو روش مدل‌های خطی تعمیم‌یافته و رویکرد تحلیل عاملی آشیان‌بوم‌شناختی برای گوسفند وحشی در پارک ملی کویر .پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست. ۹۵ صفحه.

۷. **مهندسین مشاور جامع ایران. ۱۳۸۸.** مطالعات طرح مدیریت پناهگاه حیات وحش نایبندان، گزارش شماره ۶، معاونت محیط طبیعی و تنوع زیستی. دفتر زیستگاه‌ها و امور مناطق.

۸. **ضیایی، ه.، ۱۳۹۰.** راهنمای صحرایی پستانداران ایران. تهران. انتشارات کانون آشنایی با حیات وحش. ۴۸۷ صفحه.

۹. **Boyce, M.S.; Vernier, P.R.; Nielsena, S.E. and Schmiegelowc, F.K.A., 2002.** Evaluating resource selection functions. Ecological. Modelling. Vol. 157, pp: 281-300.

۱۰. **Caro, T.M., 1994.** Cheetahs of the Serengeti Plains. The University of Chicago Press, Chicago.

۱۱. **Dayton, G.S. and Fitzgerald, L.A., 2006.** Habitat suitability models for desert amphibians. Biological conservation. Vol. 132, pp: 40-49.

۱۲. **Eaton, R., 1970.** The cheetah: the biology, ecology and behavior of an endangered species. Van Nostrand Reinhold Company, New York. 178 p.

۱۳. **Etemad, E., 1985.** Mammals of Iran. 2nd Volume. Iranian Department of the Environment.

۱۴. **Farhadinia, M., 2004.** The Last Stronghold: Cheetah in Iran. Cat News. Vol. 40, pp: 11-14

۱۵. **Farhadinia M., 2007.** Ecology and Conservation of the Iranian cheetah, Iranian Cheetah venaticus in Miandasht Wildlife Refuge, Iran. Project report. Iranian Cheetah Society (ICS). 65 p.

۱۶. **Farhadinia, M. and Absalan, H., 2004.** Miandasht: New Hope for Cheetahs in Iran. Cat News. Vol. 41, pp: 25-26.

۱۷. **Firouz, E., 1974.** Environment Iran. National Society of the Conservation of Natural Resources and Human Environment, Tehran.

۱۸. **Fitzgiboon, C., 1990.** Why do hunting cheetahs prefer male gazelles? Animal Behavior. Vol. 40, pp: 837-845.

۱۹. **Guisan, A. and Zimmermann, N.E., 2000.** Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling. Vol. 135, pp: 147-186.

۲۰. **Harrison, D.L. and Bates P.J.J., 1991.** Cheetah. Pp 170-172 in: Mammals of Arabia. 2nd ed. Sevenoaks, UK: Harrisson Zoological Museum.

۲۱. **Heptner V.G. and Sludski A.A., 1992.** Mammals of the Soviet Union, Vol.2, Part.2, Carnivora. English Translation, sci., ed., Hoffmann R. S., Washington, D.C. Smithsonian Institution Libraries.

۲۲. **Hirzel, A.; Helfer, V. and Metral, F., 2001.** Assessing habitat-suitability models with a virtual species. Journal of Ecological Modelling. Vol. 145, pp: 111-121.

۲۳. **Hirzel, A.; Le Lay, G. and Helfer, V., 2006.** Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. Ecological modelling. Vol. 199, pp: 142-152.

۲۴. **Hirzel, A.H.; Hausser, J. and Perrin, N., 2004.** Biomapper Lab. Of Conservation Biology, Department of Ecology and Evolution, University of Lausanne. URL: http: //www.unil. ch/biomapper"

۲۵. **Hirzel, A.H.; Hausser, J.; Chessel, D. and Perrin, N., 2002.** Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat suitability maps without absence data? Ecology. Vol. 83, No. 7, pp: 2027-2036

۲۶. **IUCN. 2006.** IUCN Red List of Threatened Species. IUCN, Gland, Switzerland [http://www.redlist.org, accessed 24 September 2008].

۲۷. **Jourabchian, A.R. and Farhadinia. M.S., 2008.** Final report on Conservation of the Iranian cheetah, its Natural Habitats and Associated Biota in Iran. Project Number IRA/00/G35 (GEF/UNDP/DoE). In October 2008, Tehran, Iran (in Persian with English summary).

۲۸. **Mills, M.G.L.; Broomhall, L.S. and Toit, J.T., 2004.** Cheetah (*Acinonyx jubatus*) feeding ecology in the Kruger national park and a comparsion across African savanna habitat: is the cheetah only a successful hunter on open grassland plains? Wildly. Biol. Vol. 10, pp: 177-186.

۲۹. **Nowell K. and Jackson, P., 1996.** Wild Cats: Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN, Gland.